



Universidad Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

# ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN Y BENEFICIOS DE LA CIRUGÍA ROBÓTICA

*ANALYSIS OF THE IMPLEMENTATION AND BENEFITS OF ROBOTIC SURGERY*

Autor/es:

**Javier Moreno Carrascosa**

Director/es:

**Dra. Manuela Elia Guedea, Dra. Estibaliz Echazarreta Gallego**

Área de conocimiento:

**Cirugía**

**Facultad de Medicina**

**2024/2025**



## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	3
1.1 Historia de la cirugía robótica .....	3
1.2 Sistema quirúrgico DaVinci .....	5
1.3 Plan de entrenamiento.....	8
2. OBJETIVOS .....	10
3. METODOLOGÍA .....	10
4. RESULTADOS .....	12
4.1 Urología .....	12
4.1.1 Prostatectomía radical .....	12
4.1.2 Nefrectomía .....	13
4.1.3 Cistectomía radical.....	14
4.2 Cirugía general .....	15
4.2.1 Cirugía colorrectal.....	15
4.2.2 Cirugía bariátrica .....	16
4.2.3 Cirugía hepatobiliar .....	18
4.3 Ginecología y Obstetricia.....	19
4.3.1 Histerectomía .....	19
4.3.2 Miomectomía .....	20
4.3.3 Cirugía de endometriosis .....	21
4.3.4 Neoplasia de ovario .....	22
4.4 Análisis económico y de costes-beneficios .....	23
4.5 Visión a futuro .....	25
5. DISCUSIÓN .....	27
6. CONCLUSIONES.....	31
7. BIBLIOGRAFÍA .....	38



## RESUMEN

La cirugía robótica ha revolucionado el ámbito quirúrgico actual como alternativa a la cirugía laparoscópica. El sistema quirúrgico más extendido en la actualidad es el modelo DaVinci que destaca por mejorar la ergonomía del cirujano, aportar un sistema de visión tridimensional, aumentar la precisión y reducir el temblor quirúrgico.

Estas características resultan útiles en numerosas especialidades, destacando su implementación en urología, cirugía general y ginecología, especialidades donde ha demostrado presentar ventajas y abordar procedimientos específicos aportando mejoras.

El principal beneficio de la cirugía robótica deriva de la capacidad para acceder a zonas anatómicamente complejas con gran precisión, lo que ofrece la posibilidad de realizar intervenciones más precisas que permiten aportar beneficios en determinadas intervenciones respecto a los abordajes predecesores, la cirugía abierta y la cirugía laparoscópica.

En términos económicos, estos modelos robóticos suponen un alto coste inicial derivado del coste de adquisición, material quirúrgico y mantenimiento lo que sigue suponiendo en la actualidad un desafío.

En un futuro cercano, la cirugía robótica promete ser una tecnología en expansión gracias a las ventajas que aporta. Este crecimiento pasa por el desarrollo de nuevos modelos e implementación de nuevas tecnologías que crean un panorama más competitivo que permitan un abaratamiento de los costes para poder así permitir que la cirugía robótica se adopte y sea accesible a nivel global.

**Palabras clave:** Cirugía robótica, costes, resultados, cirugía laparoscopia.

## ABSTRACT

Robotic surgery has revolutionized the current surgical field by offering an alternative to laparoscopic surgery. The most widely used surgical system nowadays is the DaVinci model, which stands out for improving the surgeon's ergonomics, providing a three-dimensional vision system, increasing precision and reducing surgical tremor.

These features are particularly beneficial in several specialties, being important its implementation in urology, general surgery and gynecology, where it has demonstrated advantages and the ability to address specific procedures effectively.

The main benefit of robotic surgery lies in its ability to access anatomically complex areas with high precision, enabling more accurate interventions that offer advantages over predecessor techniques like open and laparoscopic surgery.



Economically, these robotic models entail a high initial cost due to acquisition and maintenance expenses which continues to pose a challenge today.

Soon, robotic surgery is expected to expand further, thanks to the advantages it offers. This growth will depend on the development of new models and the implementation of new technologies to create a more competitive landscape, reducing costs and making robotic surgery accessible on a global scale.

**Key words:** Robotic Surgery, costs, results, laparoscopic surgery.

#### Índice de abreviaturas:

- **FDA:** Food and Drug Administration
- **NASA:** National Aeronautics and Space Administration
- **DARPA:** Defense Advanced Research Projects Agency
- **DaVinci:** Plataforma robótica quirúrgica DaVinci
- **EARCS:** Academia Europea de Cirugía Colorrectal Robótica
- **IMC:** Índice de Masa Corporal
- **USD:** Dólar estadounidense
- **AUD:** Dólar australiano
- **IA:** Inteligencia artificial



## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Historia de la cirugía robótica

La cirugía es una rama de la medicina cuyos conocimientos se han transmitido de generación en generación a lo largo de la historia mediante la enseñanza de expertos en la materia. A pesar de su extenso desarrollo y técnicas, el abordaje quirúrgico tradicional abierto presenta limitaciones como la precisión quirúrgica humana y destreza del profesional (1).

La cirugía tiene su base en la experiencia adquirida por el cirujano durante su vida profesional. En consecuencia, las principales limitaciones derivan del error y la precisión humanas, además de una pobre gestión e integración de datos e imágenes que limita la toma de decisiones pre, intra y postoperatorias (1)(2).

A finales del siglo pasado con la introducción de la cirugía endoscópica se produjo un cambio de paradigma. La extensión de la cirugía mínimamente invasiva produjo que se cambiase el enfoque global de la cirugía gracias a las ventajas que aportó en numerosas especialidades. Sin embargo, también presentaba desventajas respecto a las técnicas abiertas como la pérdida de sensación táctil y fuerza, además de la magnificación del temblor fisiológico. Sumado a esto, uno de los principales problemas era la pérdida de la visión natural que producía gran limitación en la visión en profundidad al ser una imagen reducida a sólo dos planos (2).

En la actualidad, estamos formando parte de una verdadera etapa revolucionaria en la cirugía gracias a la introducción, desarrollo e implantación de la cirugía robótica (2).

La incorporación de la robótica en la cirugía se produjo gracias a la necesidad de crear un método para poder atender telemáticamente y ejecutar operaciones con gran precisión. El primer dato histórico tuvo lugar en el año 1951, año en el cual el científico Raymond Goertz diseñó un brazo mecánico capaz de ser manejado de forma remota para manipular componentes radiactivos. Este primer hecho tuvo gran influencia y fue adoptado como idea en otros campos como la ingeniería, industria o medicina para desarrollar estas tecnologías emergentes (2).

En medicina, fue en la década de 1980 cuando se consiguió integrar el concepto de robótica dentro de la cirugía con el primer modelo llamado PUMA 560. Este robot que consistía únicamente en un solo brazo fue capaz de realizar la primera intervención quirúrgica en la que intervenía la robótica, ejecutando una biopsia cerebral estereotáctica. Este mismo modelo fue posteriormente usado para realizar una resección transuretral de próstata con el consiguiente desarrollo del PROBOT®. Esta misma tecnología desarrollada fue adquiriendo cada vez más mejoras requeridas por las necesidades quirúrgicas y así se desarrolló el ROBODOC®, un sistema parecido al anterior dedicado a la cirugía ortopédica, que fue el primer robot quirúrgico aprobado por la FDA (2).

En este punto la industria médica robótica tomó dos caminos, uno que trataba de generar robots autónomos capaces de realizar tareas previamente establecidas y aprendidas, independientes de la presencia de ser humano y otro que desarrollaba plataformas para que fuese manejadas por cirujanos. El primero de ellos no tuvo mucho éxito en comparación con el otro modelo, un robot que dispusiera de todas las herramientas disponibles conectado con una consola maestra capaz de ser controlada completamente por un cirujano en el cual resida la toma de decisiones, habilidades y técnicas (2).

El primero de estos robots fue desarrollado por el Stanford Research Institute que incorporaba por primera vez la capacidad de operar a distancia además de un sistema de visión tridimensional que fue originalmente desarrollado por la NASA. Consistía en dos partes, una consola desde la que el cirujano realizaría la operación a distancia y una unidad quirúrgica robótica remota. La consola contaba con una pantalla 3D y un par de mandos manipuladores de instrumentos desde los que se transmitían los movimientos a la unidad remota (2).

A principios de la década de los 90, estos prototipos resultaron llamativos para la industria militar ya que prometían realizar servicios de primera necesidad e intervenciones a distancia sin la necesidad de arriesgar la integridad de los operadores. Fue así como la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada de Defensa (DARPA) estadounidense realizó una gran labor de investigación para el desarrollo de este tipo de dispositivos para realizar intervenciones de control de daños en el campo de batalla (3).

Este sistema se diseñó como un modelo de investigación, pero gracias a los buenos resultados que obtuvo llamó la atención de varias empresas que empezarían a invertir y desarrollar sus propios modelos para introducirlos en el ámbito civil (2).

En 1995 fue fundado el Intuitive Surgical en EEUU, organismo que recogió los avances ya creados en el campo de la cirugía robótica y desarrolló su propio modelo, un prototipo llamado Lenny que contaba con tres brazos enlazados con una mesa quirúrgica, siendo el primer robot quirúrgico empleado en ensayos clínicos con humanos (2).

En los años siguientes la empresa continuó con el desarrollo de modelos más avanzados hasta que en el año 1998 creó un prototipo con brazos articulados que contaba con hasta seis grados de libertad, montados en el modelo robótico quirúrgico que contaba con más popularidad en ese momento, el DaVinci. Este nuevo desarrollo en términos de grados de libertad supuso un factor con el que la cirugía robótica podía competir con la que hasta la fecha era la tecnología que dominaba, la cirugía laparoscópica (2).

La importancia del desarrollo de un robot con este grado de libertad radica en la limitación de la cirugía laparoscópica, que no contaba con instrumentos articulables que gozase con un pequeño rango de libertad. Es por esto por lo que la curva de aprendizaje era muy grande para poder realizar ciertas maniobras tan esenciales como suturar (2).

A la par que el robot quirúrgico DaVinci desarrollado por Intuitive Surgical seguía aumentando su popularidad, otra empresa del mismo sector, Computer Motion lanzó al mercado el sistema ZEUS que contaba con tres brazos robóticos uno de los cuales era utilizado para montar la cámara que contaba con cuatro grados de libertad (2).

En el año 2000 el DaVinci recibió la aprobación de la FDA para poder realizar intervenciones generales, lo que supuso que en la industria de la cirugía robótica sólo quedasen dos empresas capaces de competir entre ellas; Intuitive Surgical y Computer Motion (2).

Esta disputa finalizaría con el triunfo de la empresa desarrolladora del DaVinci gracias a una mejor ergonomía, mejoras en el visor de la consola y una torre con mejor diseño instrumental adoptando elementos de su competidor para el desarrollo de nuevos modelos (2).

### 1.2 Sistema quirúrgico DaVinci

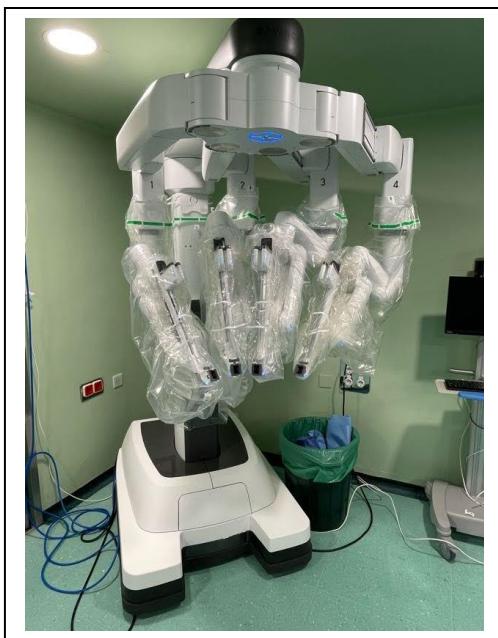
El sistema quirúrgico robótico DaVinci es el modelo más desarrollado al optimizar e integrar las mejoras de cada sistema previamente lanzado. Está compuesto en todas sus versiones por tres elementos: Consola del cirujano, carro del paciente y sistema de imagen (2).



Figura 1

*Fotografía del modelo DaVinci Xi (Sitio web Abex Excelencia Robótica)*

El carro de los brazos robóticos se ancla directamente al paciente, mediante acoplamiento a los trócares. Cada brazo cuenta con siete grados de libertad y dos grados de rotación axial que consiguen imitar los movimientos de una muñeca humana. Este carro es portador de tres o cuatro brazos móviles que pueden articularse con diversos instrumentos como pinzas, bisturíes eléctricos o tijeras que instrumentistas o cirujanos asistentes anclarán según las necesidades del cirujano principal (4).



**Figura 2**

*Fotografía del carro con los brazos robóticos (HCULB)*

Otro de los elementos es la torre de visión que integra el vídeo y permite la grabación de las intervenciones quirúrgicas desde el punto de vista del cirujano, útil tanto para la toma de decisiones intraoperatorias al poder mostrar a los asistentes la intervención, así como la posterior revisión de las operación (4).



**Figura 3**

*Fotografía de la torre de visión (HCULB)*

El sistema de visión está formado por una cámara endoscópica que capta imágenes que se sincronizan más tarde a través de un sistema de visión estereoscópica para ofrecer un campo de visión tridimensional en la consola del cirujano, sin la necesidad de uso de gafas (4).

La consola cuenta con dos mandos especializados controlados por el cirujano, que transmiten los movimientos a los brazos robóticos donde se traducen en movimientos a menor escala y sin temblor para poder ofrecer precisión al realizar los movimientos deseados. En la consola se encuentran los pedales para poder controlar especialmente la cámara, así como seleccionar los diferentes brazos a utilizar que pueden ser equipados con las herramientas que el cirujano desee. Cuenta además con dos pedales para poder seleccionar la energía que se requiera ya sea mono o bipolar (4).



**Figura 4**

*Fotografía de la consola del cirujano (HCULB)*

Estos son los componentes que integran el modelo básico del robot quirúrgico DaVinci a los que además hay que sumar las mejoras que adoptan los modelos actualizados según pasan los años (4).

Este sistema ha probado ser de gran efectividad en numerosos procedimientos, particularmente en urología, ginecología, cirugía general y cirugía transoral. Especialmente su seguridad y eficacia ha sido demostrada extensamente en procedimientos como prostatectomías, hysterectomías o hemicolectomías (4).

Gracias al continuo desarrollo de estas plataformas, son cada vez más las mejoras que las nuevas versiones. En el último modelo del robot, el DaVinci V, aparece por primera vez la integración de la sensación háptica. Esta propiedad ausente en las versiones anteriores limitaba la retroalimentación sensitiva táctil que la cirugía laparoscópica sí que conservaba.

Esta novedad permite al cirujano ser capaz de percibir la sensación táctil de los tejidos a través de los mandos de la consola lo que aporta la capacidad de recibir información sobre la resistencia de los tejidos evitando tracciones excesivas minimizando así el posible daño a los tejidos durante la intervención.



### 1.3 Plan de entrenamiento

La introducción de una técnica nueva siempre representa un verdadero desafío para su implementación, así como reto en la adopción y cambios en el modelo de proceder ciertas intervenciones (5).

El rápido crecimiento del uso de la cirugía robótica ha tenido lugar principalmente durante las últimas dos décadas. La especialidad quirúrgica donde más se ha implementado el uso de esta tecnología en su práctica ha sido Urología, para la realización de prostatectomías radicales. Cirugía General es otra de las especialidades donde cada vez es más frecuente el uso de modelos robóticos para su práctica quirúrgica habitual siendo una de las especialidades donde más exponencialmente ha crecido su uso (5).

Sin embargo y pese a la creciente integración de esta tecnología en los hospitales, al ser una tecnología nueva, limitada y costosa el acceso a ella es restringido. La introducción de un método quirúrgico novedoso siempre supone un reto, así como la adopción y el cambio de un modelo diferente a lo anterior (5).

En lo respectivo a la cirugía robótica, existen varios modelos de entrenamiento. Uno de los más reconocidos por ser desarrollado por la propia empresa creadora del DaVinci es “Fundamentos de la Cirugía Robótica” que incluye cuatro módulos de entrenamiento online que incluye desarrollo habilidades psicomotrices, instrucción didáctica y entrenamiento en equipo. Este programa persigue principalmente una acreditación (5).

En España, son las propias casas comerciales que comercializan con los robots quirúrgicos las que ofrecen un plan de formación a los hospitales, encargándose este de desarrollar el plan específico de entrenamiento para que sus trabajadores puedan formarse y comenzar cuanto antes su curva de aprendizaje (5).

Uno de los aspectos más importantes para que un cirujano pueda ser considerado para iniciar su desarrollo quirúrgico en cirugía robótica, es recibir la titulación acreditadora que depende según especialidad y región sobre la que trabaja. Un ejemplo es la cirugía colorrectal, donde los pasos formativos están regulados por la Academia Europea de Cirugía Colorrectal Robótica (EARCS) (6).

Este organismo establece una serie de bases en la formación como son (6):

- Módulos on-line
- Talleres de simulación
- Observación de casos (al menos 2)
- Curso de entrenamiento sobre modelo cadáver/animal
- Realización de casos tutorizados
- Realización de casos grabados sin supervisión y valoración propia.



Todos estos ítems son necesarios para poder obtener la acreditación para realizar intervenciones quirúrgicas a lo que sería recomendable sumar una formación continua independiente dentro de su centro de trabajo para continuar así con la curva de aprendizaje (6).

La clave del éxito de cualquier programa de cirugía robótica reside en una buena estructuración, equitativa y disponible sin comprometer la seguridad del paciente (6).

## 2. OBJETIVOS

Este Trabajo Fin de Grado tiene como objetivo analizar las mejoras que aporta la cirugía robótica en los diferentes campos de la medicina, así como analizar otros aspectos en términos de eficacia y seguridad, además de proporcionar una visión objetiva sobre su viabilidad en la práctica clínica habitual.

## 3. METODOLOGÍA

La búsqueda de la información para llevar a cabo los objetivos anteriores se ha realizado a través de la recopilación de artículos científicos que enfocaban su investigación en la cirugía robótica y los posibles beneficios que puede aportar en diferentes campos de la medicina.

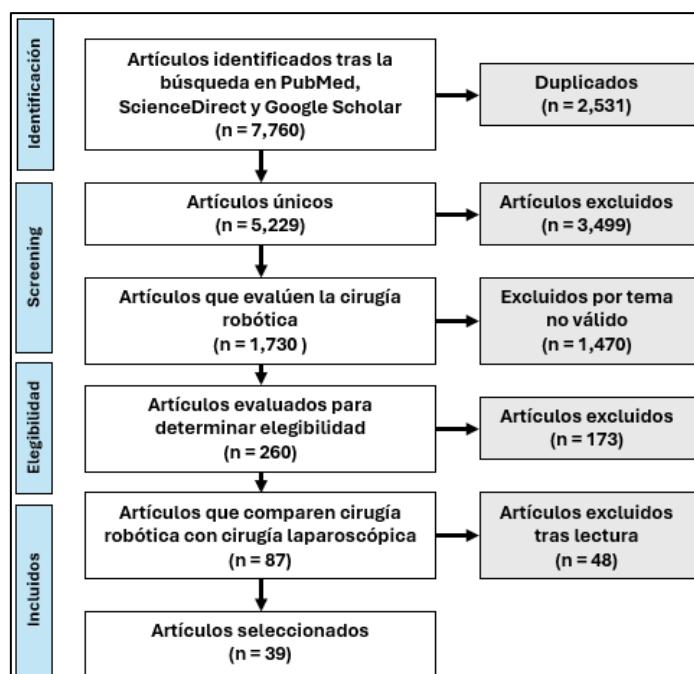
La búsqueda sistemática se realizó en las bases de datos PubMed, ScienceDirect y Google Scholar, acotando a las publicaciones realizadas en los últimos 5 años (inclusive) hasta la actualidad. Los artículos seleccionados estuvieron restringidos al inglés y castellano. Se comprobó también que todos los artículos seleccionados basasen su investigación en humanos.

La combinación de operadores booleanos que fueron usados en todos los buscadores fue la siguiente: (Robotic surgery OR Robot-assisted surgery) AND Urology AND General Surgery AND Gynecologic AND Benefits AND Training AND Outcomes AND Costs OR Cost-Utility OR Cost-Effectiveness.

Según estos criterios, se extrajo la bibliografía relevante para la realización de este trabajo. Tras el proceso de búsqueda reflejado en la *Figura 5* se seleccionaron finalmente 38 artículos para llevar a cabo la revisión.

*Figura 5*

Diagrama de flujo que representa la búsqueda desde la identificación hasta la selección, mostrando el número final de artículos incluidos





En el presente trabajo además de la revisión de la bibliografía, se llevó a cabo una entrevista el 25/04/2025 con José Luis Vicente Cano, director de gestión área económica y presupuestaria del Complejo Asistencial de Soria. El objetivo fue recopilar información relevante sobre la percepción en el uso de la cirugía robótica expuesta y desarrollada en el **Anexo 1**.

Las preguntas fueron diseñadas para evaluar aspectos clave relacionados con los objetivos de este trabajo. El objetivo fue complementar la revisión bibliográfica con datos que reflejen la perspectiva y experiencias del personal sobre beneficios, limitaciones y retos de la cirugía robótica.



## 4. RESULTADOS

La cirugía robótica ofrece una nueva posibilidad en el campo de la cirugía mínimamente invasiva, contando con mayor precisión, flexibilidad y control (7).

El sistema más utilizado y desarrollado en nuestro medio es el sistema quirúrgico DaVinci, que aporta unas claras ventajas al cirujano por mejorar la ergonomía, la visión tridimensional, la precisión quirúrgica y reducción del temblor (7).

Los estudios también destacan el papel de un personal de enfermería cualificado y experimentado ya que de ellos dependen aspectos como la colocación del paciente, la configuración del robot y la asistencia durante la cirugía. Es crucial para garantizar la seguridad del paciente y la eficiencia de las intervenciones quirúrgicas mediante robot (7).

### 4.1 Urología

El campo de la Urología fue de los más precoces en introducir la cirugía robótica y por lo tanto donde más evidencia encontramos. La incorporación de estos nuevos sistemas de robots quirúrgicos ha cambiado el panorama quirúrgico en la Urología, gracias a las ventajas quirúrgicas que ha introducido que sumado a las mejoras en los modelos ya existentes han favorecido a su integración (8).

#### 4.1.1 Prostatectomía radical

La neoplasia de próstata es el cáncer más común en el hombre y supone en un verdadero problema de salud pública. La exéresis quirúrgica junto con la radioterapia, constituyen las principales opciones de tratamiento en el cáncer de próstata localizado. Entre las opciones quirúrgicas, la prostatectomía radical intervenida mediante cirugía robótica se ha consolidado en los últimos años como el mejor abordaje quirúrgico en caso de disponibilidad (9).

La prostatectomía radical por robot muestra mejores resultados en comparación con la prostatectomía radical abierta y aquella realizada por laparoscopia. Los principales aspectos donde supone una mejora notoria resultan en términos de pérdida estimada de sangre, así como en tasas de necesidades de transfusión sanguínea. Otros aspectos donde las técnicas robóticas mejoraron a la laparoscopia son una menor estancia hospitalaria y menores complicaciones quirúrgicas (8) (9).

Además, algunos estudios que analizan la percepción de los pacientes respecto a las tecnologías en lo que se refiere a adopción y método de intervención, destacan que la cirugía robótica obtiene mejores resultados en los cuestionarios frente a las técnicas laparoscópicas y sobre todo respecto a la cirugía abierta (9).

En términos de resultados funcionales, la cirugía robótica demuestra una mejor tasa de continencia urinaria en comparación la laparoscopia, así como de menores tasas de impotencia a los 3, 6, 12 y 24 meses de la operación (10).

Este resultado diferencial de la cirugía robótica se debe a la capacidad de identificar y separar los nervios durante la cirugía y conseguir así conservar la función genitourinaria. Así es como la robótica es capaz de preservar tanto la función eréctil como urinaria durante la cirugía. Esta nueva tecnología es capaz de magnificar la visión de las estructuras clave vasculares y nerviosas como los nervios cavernosos que se traduce en una menor tasa de pérdida y mayor beneficios en la esfera sexual y urinaria (11).

En cuanto a resultados oncológicos también encontramos beneficios, la cirugía robótica se asocia con una menor tasa de márgenes quirúrgicos positivos en la resección prostática además de igualar a la laparoscopia en términos de recidiva bioquímica (10).

La mayoría de los estudios revelan que la cirugía robótica tiene mejores resultados en términos de menores complicaciones perioperatorias y postoperatorias. Ha demostrado asociación con menores casos complicados y mejores resultados manteniendo un buen perfil de seguridad (8) (9).

## **Anexo 2**

### **4.1.2 Nefrectomía**

En los últimos años, la incidencia de cáncer renal ha aumentado en gran parte por una mejora en los métodos de detección. El desarrollo y extensión de la cirugía mínimamente invasiva ha supuesto que se sitúe en la actualidad como el gold standard para el tratamiento de tumores renales T1, masas renales bilaterales o neoplasias renales en monorrenos. Esto se debe a la capacidad para preservar la mayor cantidad de tejido renal funcional asociando menores complicaciones durante y después de la intervención respecto la cirugía abierta (12).

Esta aproximación permite que nuevas técnicas como la cirugía robótica suponga una alternativa segura sobre las que cada vez se tiene más evidencia en su uso en la nefrectomía, ya sea parcial o total (12) (13).

Uno de los datos importantes son los márgenes quirúrgicos positivos, donde la cirugía robótica no muestra mejores resultados respecto a la laparoscopia además del otros parámetros destacables como el ratio de control oncológico, conservación de continencia urinaria y preservación de la función eréctil donde tampoco varían los resultados sin existir evidencia de diferencias estadísticamente significativa entre ambas técnicas (13).

Otros parámetros donde tampoco se encontraron diferencias fueron la pérdida estimada de sangre y la tasa de transfusión sanguínea. En complicaciones postoperatorias



recientes (<30 días) ambas técnicas consiguen reducir las tasas respecto a las técnicas abiertas, pero ninguna es mejor que su rival. En cuanto al tiempo de estancia hospitalaria obtenemos los mismos datos, al igual que en las tasas de conversión a cirugía abierta donde a priori la cirugía robótica parece una mejor opción, pero las diferencias no son estadísticamente significativas (13).

Los estudios muestran que no existen diferencias significativas entre las cirugías abierta, laparoscópica y robótica en lo que se respecta al tiempo de isquemia, complicaciones intraoperatorias y márgenes quirúrgicos positivos. Sin embargo, sí que se detectó una reducción en la cirugía asistida por robótica y la laparoscópica en lo referente a las complicaciones postoperatorias y tiempo de ingreso hospitalario de las técnicas robótica y laparoscópicas respecto a las abiertas (13).

Los estudios registran una tasa de medición interesante para la comparación, el término trifecta. Refleja una medición objetiva para comparar técnicas quirúrgicas de preservación renal ya que incluye tiempo de isquemia caliente menor de 25 minutos, márgenes quirúrgicos negativos y ausencia de complicaciones urológicas intraoperatorias (14).

Aquí es donde aparece por primera vez el término de tiempo de isquemia caliente que es donde algunos estudios refieren una reducción en la cirugía robótica sobre la cirugía laparoscópica. Esta reducción en los tiempos de isquemia caliente se cree que pueda deberse una mayor complejidad de la laparoscopia en la aproximación a la zona de la intervención respecto a la laparoscopia, aunque no se conoce el motivo. Es por esto que una reducción de trifecta conlleva una mejora en la preservación de la función renal postoperatoria y demuestra un factor donde se demuestra un posible beneficio de las intervenciones robóticas (15) (16).

#### 4.1.3 Cistectomía radical

El cáncer de vejiga es uno de los tipos más comunes de tumores malignos del tracto urinario, suponiendo un 3% del cáncer mundial. La cistectomía radical abierta ha supuesto la opción principal de tratamiento para los tumores no metastásicos, la cual se asocia a tasas de complicación perioperatorias de 15-50% y una mortalidad a los 3 meses del 3% (17).

Los avances en el campo de la cirugía han permitido el desarrollo de la cirugía laparoscópica y la cirugía robótica en esta técnica, presentando claros beneficios sobre la cirugía abierta como son mejores resultados en el medio y largo plazo, además de menor tiempo de hospitalización, menores complicación quirúrgicas y menos tasa de transfusiones requeridas (17).



La cistectomía radical mediante cirugía robótica se relaciona con menores tasas de complicaciones postoperatorias como son sangrado, neumonía, infección, problemas en la cicatrización y sepsis en comparación con la laparoscopia (17).

Los resultados demostrados por los estudios más recientes corroboran lo que ya se destacaba hace años, y es que la cirugía robótica muestra un claro beneficio en los aspectos de menor estancia hospitalaria y complicaciones postquirúrgicas, siendo los más beneficiados aquellos pacientes en los que se persigue evitar las transfusiones sanguíneas durante la intervención, pacientes con alto riesgo de sufrir eventos tromboembólicos y aquellos en los que interese una menor estancia hospitalaria (17) (18).

#### **4.2 Cirugía general**

La cirugía general es una de las especialidades donde más variedad de intervenciones se llevan a cabo mediante cirugía robótica. Las intervenciones realizadas mediante cirugía robótica han sido descritas en áreas como la hepatobiliar, colorrectal, pared abdominal, gastrointestinal, endocrina y mama (19).

La evidencia respalda que este tipo de intervenciones se benefician de la implementación de este tipo de tecnología. Cada vez son más las plataformas que reciben la aprobación de los organismos pertinentes para poder ponerse en marcha y seguir desarrollándose más allá del reconocido daVinci (19).

La evidencia muestra la gran cantidad de intervenciones que se han realizado bajo un robot, mostrando que el campo en el que más se ha trabajado es el colorrectal y hepatobiliar. En concreto, históricamente en cirugía general la operación más realizada es la colecistectomía que más tarde analizaremos (19).

##### **4.2.1 Cirugía colorrectal**

La cirugía colorrectal es donde más experiencia se ha recogido tanto en lo que respecta a patología benigna como maligna. La cirugía colorrectal supone en la actualidad la principal opción terapéutica del cáncer colorrectal en estadios precoces, además de ser parte del tratamiento de otras patologías como la enfermedad intestinal inflamatoria en caso de ser necesaria la intervención quirúrgica (20).

El desarrollo de la robótica en cirugía ha supuesto una alternativa quirúrgica que aporta una visión tridimensional, reproducción de los movimientos de la mano, reducción del tremor manual, mejor ergonomía y menos fatiga (20) (21).

Es por esto por lo que la cirugía colorrectal asistida por cirugía robótica se ha convertido en una opción a considerar del tratamiento del cáncer colorrectal. Esta técnica es capaz de reducir las tasas de complicación operatoria, reduce las pérdidas de sangre y las tasas de conversión a cirugía abierta en tasas parecidas a la laparoscopia respecto a la cirugía abierta (20).



Otro de los aspectos a destacar dada la precisión y mayor amplitud es la posibilidad de realizar intervenciones más seguras que permiten una resección tumoral más eficiente. Además, los brazos articulados permiten de manera más precisa manipular los vasos sanguíneos con mejor visión, reduciendo el sangrado (20).

Uno de los aspectos más importantes en cuanto a desventajas es la mayor duración media de las intervenciones realizadas con robot, pudiendo deberse a factores como configuración de los dispositivos, procedimientos más demandantes técnicamente y una incompleta integración de la curva de aprendizaje respecto al amplio dominio de las técnicas laparoscópicas de los cirujanos (21). Aunque es cierto que los estudios más recientes empiezan a equiparar el tiempo quirúrgico entre las dos intervenciones justificando las anteriores diferencias a la deshabitación de los cirujanos con los robots quirúrgicos y el aprendizaje sobre estos (20).

En cuanto a la resección de los ganglios linfáticos, el tiempo hasta la primera expulsión de gases, deposición, reanudación de la dieta, el margen de resección proximal, las tasas de reingreso, mortalidad y tasas de márgenes circunferenciales positivos los estudios no muestran diferencias entre las dos técnicas (20)(21).

En conclusión, la mayoría de los estudios refieren que la cirugía robótica es una técnica segura que permite obtener resultados quirúrgicos similares a la cirugía laparoscópica convencional a corto plazo. Algunos estudios sin embargo apuntan a mejores resultados en términos de tiempo de ingreso hospitalario, tasas de conversión, tasas de complicación, pérdidas de sangre, ratio de reintervención y márgenes distales (20).

Tras la revisión bibliográfica, podemos concluir que la cirugía robótica tiene un costo de entre 1.3 a 2.5 veces mayor respecto a la laparoscopia en intervenciones de cáncer de recto además de ser intervenciones cuyo tiempo quirúrgico es mayor (21).

Cabe destacar que algunos estudios plantean un tipo de perfil de paciente que pudiera beneficiarse especialmente de esta nueva técnica que serían aquellos pacientes obesos, hombres o interés por preservar el esfínter además de conservación de nervios en región pélvica (20).

### **Anexo 3**

#### **4.2.2 Cirugía bariátrica**

La obesidad supone uno de los mayores problemas de salud a nivel mundial tanto por el perjuicio para los pacientes como de los costes derivados de las enfermedades relacionadas con esta. En su tratamiento existen múltiples estrategias y terapias como cambios en el estilo de vida, cambios en la dieta, fármacos o cirugía bariátrica (22).

La cirugía bariátrica persigue como objetivo ayudar a aquellas personas con obesidad en la reducción de peso además de controlar sus comorbilidades derivadas de este exceso.

El término cirugía bariátrica agrupa cuatro tipo de intervenciones que son el bypass gástrico en Y de roux, el sleeve gástrico, la banda gástrica ajustable y la derivación biliopancreática con switch duodenal entre otras muchas (22).

La introducción de la cirugía robótica ha permitido ciertas ventajas a parte de las ya comentadas en apartados anteriores en lo que se refiere a ergonomía y mejoras de visión y definición (22).

La principal ventaja que presenta la cirugía laparoscópica sobre la robótica es un menor tiempo quirúrgico. Respecto a esto, los autores sugieren que esta reducción podría suponer menores tasas de complicaciones intraoperatorias en comparación con la cirugía robótica. Sin embargo, a pesar de que las intervenciones realizadas mediante robótica son más largas, no es cierto que presente mayores tasas de complicaciones por lo que la relación no se cumple (22).

Otros de los parámetros que los estudios analizan son la pérdida estimada de sangre, las tasas de reintervención al mes, fugas, obstrucciones, embolismos pulmonares además de otras complicaciones. En cuanto a estas, no se encontraron diferencias significativas entre las dos técnicas descritas (22).

En este grupo de intervenciones resulta necesario evaluar la comparación entre los resultados postoperatorios entre la cirugía robótica y la laparoscopia, centrándonos sobre todo en las posibles diferencias entre la eficiencia de la pérdida de peso según la técnica. Según los resultados que muestran los estudios, la cirugía robótica no aporta una mejora significativa respecto a la laparoscopia respecto a la pérdida de peso, medida a través del IMC y el porcentaje de pérdida del exceso de peso (22).

Un dato importante hallado es que la cirugía robótica se puede asociar a un menor ratio de mortalidad si se tiene en cuenta la muerte del paciente durante la intervención quirúrgica o en los siguientes 90 días a esta, aunque este resultado tampoco puede ser extrapolable ya que las causas de la muerte eran asociadas a las comorbilidades del paciente y no a lo relacionado con la intervención quirúrgica (20).

La conclusión a la que los estudios llegan es que no existe una mejoría estadísticamente significativa entre el uso de la cirugía robótica o cirugía laparoscópica en lo que a una mejora de pérdida de peso se refiere. Además, si tenemos en cuenta el coste de ambas intervenciones, la cirugía robótica se muestra como una opción bastante más costosa y demandante en lo que se refiere a personal, conocimientos y curva de aprendizaje en el tiempo necesarios para poder llevarla a cabo (22).

Una opinión que se puede sacar según esto es que, en el futuro tras la popularización de la cirugía robótica y la investigación en el desarrollo de nueva tecnología, los costes puedan reducirse bastante haciendo así más rentable y permisivo el uso de esta tecnología (22).



Uno de los aspectos que los estudios comparativos analizan entre estos dos tipos de intervenciones son tanto el tiempo quirúrgico como el tiempo de ingreso hospitalario. Es importante desatascar que las intervenciones a través de cirugía robótica duran de media 27.61 minutos más que las cirugías laparoscópicas. En cuanto al tiempo de ingreso hospitalario no se encuentran diferencias, pero cabe destacar que al no existir los mismos patrones de medición entre los estudios los resultados no son del todo fiables (22).

Tras el análisis de diferentes estudios podemos afirmar que no existe diferencia en el tiempo de estancia hospitalaria, complicaciones generales o fugas mientras que la cirugía robótica tiene un mayor tiempo de intervención y mayor coste (22).

En resumen, tras todo lo mencionado anteriormente, la cirugía robótica no supera los resultados antes obtenidos por la cirugía laparoscópica en términos de resultados postoperatorios médicos. La cirugía robótica ha demostrado ser similar en el tratamiento de la obesidad sin incrementar los riesgos intraoperatorios o las complicaciones. Es por esto por lo que el factor más importante es la experiencia del cirujano en cualquier técnica y su recorrido profesional (22).

#### 4.2.3 Cirugía hepatobiliar

La patología de la vesícula biliar es bastante frecuente y a menudo es necesaria una intervención quirúrgica para conseguir su tratamiento exitoso. La colecistectomía es una intervención que suele ser la opción más extendida de tratamiento de la patología de la vesícula biliar (23).

La colecistectomía laparoscópica es en la actualidad el gold standard para el tratamiento de la patología benigna de vesícula por diferentes motivos entre los que se encuentran resultados excelentes a corto y largo plazo (23).

En este tipo de intervención la cirugía robótica a pesar de tratarse un gran avance tecnológico capaz de mejorar la precisión, ergonomía y visión del cirujano, presenta barreras que dificultan su implementación. Estos inconvenientes son principalmente el incremento del tiempo quirúrgico y un mayor coste que a diferencia de otros campos donde a pesar de estos motivos sí que ha ganado mucha popularidad, por la propia colecistectomía al ser una intervención que precisa de pocos recursos (21) (23).

Lo cierto es que los estudios muestran que la cirugía robótica se asocia con intervenciones quirúrgicas más largas, además de mayor tasa de hernia incisional en comparación con la laparoscopia. La cirugía robótica no ha demostrado ser más segura o efectiva para la patología de la vesícula biliar lo que nos indica que aún falta más desarrollo y/o abaratamiento de los costes para poder competir con la cirugía laparoscópica (23).

En resumen, el coste de este tipo de intervenciones es alto y no justifica el uso de esta tecnología para la patología biliar considerando la falta de beneficio para los pacientes. Es necesario una reducción de los costes de la adquisición y el mantenimiento para una futura implantación y adopción de esta técnica (23).

En cuanto a los resultados que respectan al tratamiento de las lesiones malignas de hígado y páncreas la evidencia no es tan abundante como para la patología biliar, sin embargo, la cirugía robótica se postula como una opción de gran valor por su capacidad para magnificar la visión, mejorar la precisión e incorporar los instrumentos multiarticulares como lo que es capaz de preservar vasos esplénicos y conseguir una mayor precisión de resección de tumores (21) (24).

En el área hepatobiliar la cirugía robótica no solo aporta ventajas relacionadas con la mejora en la visión, sino que gracias a sus atributos permite facilitar procedimientos. De hecho, es capaz de acceder a segmentos hepáticos de muy difícil acceso en laparoscopia, alcanzando tumores que se localicen en las áreas S1, S4b, S7 y S8 (24).

Esta ventaja resulta en que surgen indicaciones donde la robótica tiene claras ventajas como tumores hepáticos con un diámetro menor de 10 cm en aquellos casos que se busque realizar una reconstrucción vascular o que se encuentren en las áreas críticas mencionadas anteriormente (24).

Respecto a la comparación con la laparoscopia, los resultados son similares en los términos comparados de resultados a corto y medio plazo, suponiendo las intervenciones realizadas mediante cirugía robótica unos costes más elevados. Es posible que en el futuro con el abaratamiento de los costes, la cirugía robótica se plantea como una opción segura para el tratamiento de tumores hepáticos (21) (24).

#### **4.3 Ginecología y Obstetricia**

En las últimas décadas, la cirugía mínimamente invasiva se ha situado como la opción prioritaria de tratamiento quirúrgico de la patología ginecológica benigna, así como de algún tipo de patología maligna. Con la introducción de la cirugía robótica surge la duda si esta nueva técnica aporta beneficios sobre la laparoscopia en la patología ginecológica dada su anatomía. A pesar de la existencia de múltiples robots quirúrgicos, el robot DaVinci es el más usado globalmente para este tipo de intervenciones (25).

##### **4.3.1 Histerectomía**

La histerectomía es una de las intervenciones más comunes en la práctica ginecológica para patología tanto benigna como maligna. Las indicaciones más comunes para patología benigna son leiomioma uterino sintomático, sangrado uterino anormal, endometriosis o prolapso. En cuanto a patología maligna, la principal entidad es el cáncer de endometrio, con una incidencia en aumento (26) (27).



El principal tratamiento para estas entidades sigue siendo la histerectomía total, que en patología maligna se asocia con ooforectomía bilateral, cuyos resultados postoperatorios han mejorado notoriamente tras la estandarización de la cirugía mínimamente invasiva (26) (27).

La cirugía robótica se ha establecido como una opción segura y efectiva en comparación con la laparoscopia en este tipo de patología. Sin embargo, la cantidad de estudios es limitada y a menudo se encuentran conflictos de interés (3).

Los estudios centran la comparación entre las dos técnicas en términos de tiempo quirúrgico, pérdidas estimadas de sangre, tiempo de hospitalización y tasa general de complicaciones y supervivencia en cuanto a conceptos médicos. En todos estos términos no hay ventajas entre las dos técnicas (27), a excepción del tiempo quirúrgico donde si que se establece una diferencia estadísticamente significativa, que se mantiene en la mayoría de literatura mostrando tiempos mayores para la cirugía robótica (26) (28).

Otro aspecto a analizar son los términos económicos de la intervención, en los que se refleja unos altos costes para la cirugía robótica frente a la laparoscopia (28).

En resumen, la cirugía robótica supone una alternativa segura a la laparoscopia, capaz de obtener sus mismos resultados a un coste más elevado, por lo que esta tecnología podría ser usada con un carácter selectivo en pacientes que se beneficien especialmente de ella como mujeres con obesidad o úteros muy pesados (26) (27).

#### 4.3.2 Miomectomía

Los fibromas uterinos son una afección frecuente entre las mujeres con una prevalencia cercana al 20%, especialmente en aquellas que se encuentran en edad fértil. Suponen la patología benigna más frecuente en la mujer, formados de proliferación de músculo liso. Los síntomas más comunes producidos por estas formaciones suelen ser anemia, flujo menstrual aumentado, sangrados, alteraciones miccionales o dolor pélvico (29).

El tratamiento quirúrgico es una opción cuando se desea realizar la exéresis de los miomas uterinos y conservar los órganos reproductores femeninos permitiendo a los pacientes conservar su fertilidad y deseos genésicos (29).

Las técnicas de cirugía mínimamente invasivas suponen la técnica de elección para la realización de miomectomías por suponer una gran ventaja en beneficio del paciente respecto a las técnicas abiertas (29).

En este campo, la cirugía robótica sigue presentando un mayor tiempo de intervención quirúrgica frente a la laparoscopia, que posiblemente se deba a dos factores principales. En primer lugar, está la inexperiencia de ciertos profesionales en la utilización de esta nueva tecnología y que todavía se encuentren en un periodo de aprendizaje. El segundo

motivo y más veraz de afirmar es el mayor tiempo de preparación requerido para la puesta en marcha del robot (28) (29).

Otro de los parámetros también comparados en este tipo de intervenciones es la pérdida de sangre durante la intervención, donde se observa que se reduce significativamente en las intervenciones asistidas por robot. Según los autores, las tres dimensiones ofrecidas por el robot, la mayor destreza y la reducción del temblor, sumado que en esta patología la precisión quirúrgica supone un factor clave en el abordaje de las zonas de resección, el robot aporta ventajas para intervenir sobre los vasos sanguíneos colindantes y la realización de suturas (28) (29).

#### 4.3.3 Cirugía de endometriosis

En el mundo alrededor del 10% de las mujeres en sufren de endometriosis, que se define como una condición de inflamación crónica durante la etapa fértil. A menudo conlleva dolor pélvico crónico, reducción de la calidad de vida e infertilidad (30).

Cuando el tratamiento médico no es suficiente para el control sintomático de la endometriosis, la cirugía es una buena opción a pesar de tener riesgos postoperatorios (28).

La resección quirúrgica de los nódulos profundos ha demostrado reducir el dolor pélvico además de mejorar la calidad de vida de las pacientes. Los tipos de endometriosis donde más se suele intervenir son la peritoneal, la ovárica y la infiltrante (nódulos mayores de 5 milímetros en profundidad) (30).

El gold standard hasta la fecha ha sido la realización de la intervención mediante cirugía laparoscópica que ha demostrado reducir las complicaciones postoperatorias, mejor manejo de los síntomas digestivos además de reducir el impacto sobre la fertilidad en comparación con la laparotomía. En este ámbito también debemos de contar con la cirugía robótica y su irrupción en el ámbito quirúrgico (30).

En cuanto a la comparación de las dos técnicas de cirugía mínimamente invasiva en este tipo de intervenciones, los estudios llegan a la conclusión principal es que la robótica supera en cuanto a la duración de las intervenciones quirúrgicas a la laparoscopia, añadido además a un menor tiempo de hospitalización para esta segunda técnica (28) (30).

Respecto al resto de parámetros comparados, la robótica y la laparoscopia obtienen resultados equivalentes en cuanto a pérdidas de sangre estimadas, tasas de rehospitalización, complicaciones intra y postoperatorias y tasas de conversión (30).

Según lo aquí expuesto la robótica no aporta beneficios quirúrgicos además de presentar mayores tiempos de intervención y hospitalización, todo ello sin contar el aumento del

gasto económico que suponen las intervenciones realizadas a través de cirugía robótica (30).

A pesar de no contar con datos sobre los resultados a largo plazo de posibles beneficios de las cirugías mínimamente invasivas como el alivio del dolor a largo plazo, las tasas de embarazo en mujeres infértils o mejoras de la calidad de vida donde la cirugía robótica podría verse beneficiada por su diseño, según los datos de los estudios podemos afirmar que en la actualidad dado diferentes factores, la cirugía laparoscópica es más eficiente que la cirugía robótica para la cirugía de la endometriosis (30).

Sin embargo, para aquellos casos complejos con nódulos infiltrantes en profundidad, la cirugía robótica podría pasar a ser la primera opción frente a la laparoscopia en el tratamiento de resección de la endometriosis (28).

#### 4.3.4 Neoplasia de ovario

El cáncer de ovario representa una de las neoplasias más letales en las mujeres, con una proporción de nuevos casos por año de 10.6 cada 100,000 mujeres y una letalidad de 6.3 por cada 100,000 mujeres al año. La problemática de este cáncer surge del diagnóstico en estadios avanzados en el 80% de los casos, al no existir un protocolo de screening además de ser tumores que se presentan con escasa sintomatología en estadios precoces que resulta muy inespecífica (31).

El enfoque terapéutico del cáncer de ovario se diferencia según el estadio en el que sea diagnosticado. Los tumores en estadios precoces (I-II) se realiza una cirugía de estadificación que se acompaña según el tipo histológico de la resección de tejido afecto. En estadios avanzados (III-IV) se opta por una cirugía de citorreducción para reducir al máximo posible la carga tumoral y mejorar los resultados con los tratamientos adyuvantes (31).

En la actualidad según las guías, en el tratamiento del cáncer de ovario en estadios I-II se realiza una intervención quirúrgica en la que se establece el diagnóstico, se extirpa el tumor y se asegura la extensión del tumor. La aproximación recomendada por las guías continúa siendo la laparotomía. Desafortunadamente, estos tumores a veces presentan enfermedad microscópica no visible en el retroperitoneo o parte alta del abdomen (31).

Aunque el estándar sea la laparotomía, es posible optar por técnicas mínimamente invasivas en pacientes seleccionados ya que estas últimas cuentan con una menor pérdida de sangre, menor dolor postoperatorio, menor tiempo de hospitalización y mejor visualización anatómica (31).

Los avances en cirugía robótica permiten en estos casos el acceso a diferentes cuadrantes desde todas las posiciones gracias al mayor grado de libertad en los brazos robóticos, lo que permite realizar cirugías multicuadrante sin la necesidad de modificar la posición del robot (31).

Estas características tienen especial importancia para realizar el abordaje de la linfadenectomía paraaórtica o pélvico u omentectomía. Este paso resulta de especial importancia ya que nos permite conocer cual es la extensión y pronóstico del cáncer, por lo que es de vital importancia para decidir tratamientos adyuvantes (31) (32).

A las mejoras en el abordaje del cáncer, así como de la linfadenectomía a través de robots quirúrgico se le debe sumar una reducción en las pérdidas de sangre respecto a la laparoscopia. El enfoque robótico permite acceder a los ganglios paraaórticos y pélvicos en menos tiempo comparado con la laparoscopia (32).

Los autores defienden que el uso de la cirugía robótica es seguro en pacientes seleccionados con un cáncer de ovario en estadio precoz, en especial en aquellos que tengan comorbilidades y/o obesidad (31) (32).

#### **Anexo 4**

##### **4.4 Análisis económico y de costes-beneficios**

El estudio, comparación y análisis de los costes económicos de la cirugía robótica resulta una tarea muy compleja debido a la falta de parámetros estandarizados que permitan hacer un buen análisis económico como si que existe en el análisis de resultados clínicos.

Sumado a este gran factor limitante existen muchas variables que no permiten un análisis global del coste-efectividad y coste-eficiencia de la cirugía robótica como son las diferencias entre especialidades y procedimientos, además de los propios intereses de los investigadores que pueden sesgar la información al ser una disciplina en la que trabajan y se forman durante largos periodos de tiempo.

En lo referido al coste de la compra del robot quirúrgico los precios varían según los acuerdos que se adopten con la casa comercial, así como del modelo que se decida comprar. La adquisición del robot quirúrgico DaVinci ronda en la actualidad los 1,5-2,5 millones de euros. En este precio aparte de incluir el propio robot y material también se incluyen simuladores para el entrenamiento del personal quirúrgico, así como los cursos de formación especializada de los cirujanos que operaran con el modelo.

La relación coste-efectividad de la cirugía robótica no se limita solo al precio inicial de adquisición del equipo, sino que abarca más factores como los costes derivados de la formación del personal, el mantenimiento del sistema y la optimización de recursos a largo plazo (33).

Dos de los factores que más aparecen en los estudios son el tiempo quirúrgico y el tiempo de hospitalización. Estos parámetros están muy influenciados por la experiencia del cirujano, así como su nivel de destreza y los cuidados postoperatorios que reciba el paciente (34). Los estudios han demostrado que, con una mayor experiencia de los

cirujanos, el tiempo quirúrgico disminuiría y se podría permitir además reducir el tamaño de los equipos dedicados a la cirugía robótica (34).

Los estudios que comparan la cirugía robótica con técnicas laparoscópicas y abiertas muestran que la cirugía robótica podría llegar a ser más rentable en términos de coste efectividad. Esta superioridad se demuestra sobre todo respecto las técnicas abiertas suponiendo un 80% de mejora, además de tener una mejor opinión subjetiva para el paciente y el sistema sanitario. Sin embargo, las comparaciones con la laparoscopia son menos claras debido a la falta de evidencia concluyente (35).

Es cierto que con el paso del tiempo cada vez son más las especialidades y/o procedimientos en los que se intenta integrar la cirugía robótica. A pesar de que en los últimos años la cantidad de estudios sobre los análisis de costes es mayor, sigue faltando evidencia de calidad para poder realizar comparaciones más precisas (35).

El análisis de los estudios de coste-utilidad y coste-eficiencia sobre la cirugía robótica sugiere que esta es capaz de mejorar los resultados y aumentar la eficiencia cuanto esta se implementa de manera óptima, lo cual depende de numerosos factores. Los más importantes son una formación estandarizada e integral, así como experiencia de los cirujanos sobre técnicas laparoscópicas y robóticas. Los cirujanos deben someterse a un plan especializado de formación para poder adquirir experiencia que incluya un método sofisticado de análisis de datos, simulación de gran calidad y estrecha supervisión profesional (33).

En cuanto al análisis de costes económicos directos e indirectos, la bibliografía en España es escasa. Los resultados se extrajeron de un estudio realizado en Canadá que estaba dedicado a analizar los gastos de las técnicas robóticas, laparoscópica y abierta para la resección del cáncer de recto (36).

Los gastos estimados fueron de \$12,558 USD para cirugía abierta, \$11,493 USD para laparoscopía y \$18,273 USD para cirugía robótica. Cabe destacar que estos gastos incluyen solamente la atención hospitalaria del paciente y no los derivados por la recuperación extrahospitalaria. A pesar de no encontrar diferencias económicas significativas entre las técnicas abiertas y laparoscópicas, la cirugía robótica incrementa en \$4600 USD aproximadamente el coste de cada procedimiento. En ninguna de las técnicas hay gastos adicionales derivados del cuidado hospitalario de los pacientes intervenidos por cirugía robótica, lo que resalta la necesidad de considerar costes indirectos como el tiempo de recuperación o la productividad laboral (36).

En cuanto al análisis de estos gastos derivado, las estimaciones del coste del absentismo laboral rondaban los \$14,000 USD aproximadamente, por lo que se debe tener en cuenta la importancia de elegir técnicas seguras que reduzcan lo máximo posible el tiempo de recuperación para poder mejorar las consecuencias económicas para los pacientes, trabajadores del hospital y sistema de salud (36).



Uno de los estudios analizados cifró del coste medio por intervención mediante técnicas quirúrgicas robóticas de \$19,269 AUD (16,930 €). La variabilidad de costes en la cirugía robótica depende también del tipo de intervención y de especialidad médica (37).

Según el análisis se estima que aproximadamente el 46% del gasto total de la intervención está directamente relacionado con los gastos derivados del propio robot quirúrgico; implementación (24%), mantenimiento (12%) y consumibles (10%) (37).

Los costes de implementación y material podrían reducirse aumentando el volumen de casos hasta la capacidad máxima, optimizando la relación coste-beneficio a largo plazo, solución a tener en cuenta para poder reducir el gasto total (37).

Los gastos descritos en este estudio son comparables con estudios similares a nivel nacional e internacional. Los resultados según las especialidades fueron (37):

- Ginecología benigna coste medio por paciente \$15,067 AUD (13,241 €)
- Cirugía colorrectal coste medio por paciente \$19,269 AUD (16,933 €)
- Urología coste medio por paciente \$18,000 AUD (15818 €)

La dificultad para comparar los costes asociados entre técnicas laparoscópicas y robóticas radica en las diferencias que existen entre las intervenciones, variabilidad de destreza quirúrgica, nivel de complejidad del caso, así como costes a corto y largo plazo. La evaluación de los resultados debe extenderse más allá de simplemente el coste económico y beneficios de morbi/mortalidad, sino que debería incluir además el beneficio oncológico medido en tasas de conversión, costes a largo plazo, márgenes quirúrgicos o resección ganglionar linfática (38).

La literatura sugiere que, al tener mayor tiempo de intervención quirúrgica, la aproximación robótica podría incrementar el riesgo de aparición de complicaciones intra y postquirúrgicas. Es por esto que, en caso de disponibilidad de ambas, quizás los cirujanos opten por técnicas con una aproximación quirúrgica más rápida para aquellos pacientes que ya presentan un alto riesgo quirúrgico por sus comorbilidades de base, a pesar de que los casos más complicados con más comorbilidades sean los casos que más se beneficien de una intervención bajo cirugía robótica (36).

#### 4.5 Visión a futuro

La cirugía robótica ha emergido como una fuerza revolucionaria dentro del campo quirúrgico en el sistema de salud, transformando varias especialidades con la integración de tecnología y habilidades humanas. A pesar de los retos que existen en términos de costes o entrenamiento específico, la curva de desarrollo de la cirugía robótica trae más innovación y su continua actualización supone nuevos paradigmas y posibilidades para el futuro en la medicina (39).

En el presente, la mayoría de los robots quirúrgicos son usados de forma manual, aunque ya se ha intentado el entrenamiento de robots con IA, lo que permitirá a los cirujanos identificar las zona de interés y dar un comando al sistema para que este pueda realizar automáticamente operaciones simples como suturas. Esto permitiría tanto reducir errores como aumentar aún más la precisión del sistema (39).

Un objetivo a corto plazo que se busca en la actualidad es entrenar a los robots para realizar de forma segura acciones en las zonas de mayor riesgo quirúrgico, integrando tecnología en desarrollo (39).

Uno de los aspectos a destacar de cara a los próximos años es el desarrollo y comercialización de nuevos sistemas robóticos gracias a la expiración de la patente del sistema quirúrgico DaVinci. Esto permite la entrada al mercado de otros competidores como Hugo de Medtronic, Ottava de Johnson&Johnson. Uno de los modelos a destacar es Toumai desarrollado por MicroPort MedBot, un robot que presenta unas características similares al reconocido DaVinci desarrollado a cabo por la industria china que cada vez se expande más abaratando los costes y facilitando la accesibilidad a este tipo de tecnología en zonas con menos recursos y permitiendo incorporarla más allá de grandes hospitales o instituciones privadas.

La aparición de sistemas alternativos al DaVinci, supondrá una presión en el mercado que se espera que reduzca los precios de los robots y sus consumibles. Entre los más destacados aparte de Toumai se debe destacar al sistema VeriSUS desarrollado por CMR Surgical que destaca por ser un sistema modular y compacto que permite una mejor implementación no solo por la reducción de la curva de aprendizaje sino por el abaratamiento de los costes de adquisición y mantenimiento.

Estos hechos están produciendo que cada vez la competencia sea más reñida ocasionando una futura reducción de los costes de adquisiciones y mantenimiento, así como mejora en las capacidades de las plataformas. Una ventaja con la que parten los nuevos sistemas es la integración de sistemas de desarrollo en tecnología artificial y ampliación a nuevas especialidades, cosas en las que DaVinci está trabajando actualmente a la vista del nuevo panorama del mercado.

Estos sistemas más recientes y avanzados capaces de integrar la IA para predecir complicaciones quirúrgicas en tiempo real, así como realizar tareas automatizadas y teniendo un papel clave en la toma de decisiones intraoperatorias.

En conclusión, la cirugía robótica no solo está revolucionando el campo quirúrgico actual, sino que está iniciando un camino hacia una nueva paradigma donde la tecnología sea una herramienta que facilite una atención médica más precisa, accesible y personalizada.

## 5. DISCUSIÓN

La cirugía robótica ha marcado un hito en el campo quirúrgico al ser capaz de ofrecer mejoras de precisión, visión y ergonomía al cirujano. A pesar de ello el impacto que esta tecnología pueda tener se debe evaluar de una forma global, comprobando qué beneficios clínicos puede aportar, analizando su sostenibilidad económica y el acceso a esta.

La experiencia del cirujano continúa siendo un factor clave para poder obtener los mejores resultados quirúrgicos posibles. El método ideal sería contar con cirujanos muy experimentados en cirugía laparoscópica que se recibieran una formación a través de programas estandarizados en cirugía robótica. En este contexto se podría maximizar el potencial de la robótica, sobre todo en los casos más complejos donde parece tener notables beneficios, aunque la ventaja no siempre es clara frente a la laparoscopia donde la experiencia del cirujano también resulta clave.

El gran obstáculo para la implementación de este tecnología continúan siendo los altos costes de adquisición y mantenimiento. En la actualidad a pesar de que los precios continúan siendo elevados, se espera que en un futuro cercano estas barreras puedan ser mitigadas con el desarrollo de modelos más asequibles por parte de otras empresas.

Siguiendo este análisis económico, con el objetivo de tratar de mitigar y justificar estos altos costes existen varias estrategias. Una de ellas sería la correcta selección de aquellos pacientes donde se prevén complicaciones derivadas de sus comorbilidades o anatomía compleja en pacientes obesos o previamente tratados. Otra de las estrategias a considerar es la optimización del uso del robot e implantación en hospital con alto volumen de casos complejos donde los expertos aconsejan la adopción de este tipo de tecnología.

En lo que a mejoría de resultados clínicos respecta, debemos hablar en primer lugar sobre el impacto de la cirugía robótica en el área de **Urología**, uno de los campos donde el desarrollo en cirugía robótica ha permitido más avances tanto en eficacia, seguridad como satisfacción de los pacientes. De hecho, la introducción del modelo DaVinci y la continua mejora de sus modelos, ha permitido un cambio de paradigma siendo a veces la opción quirúrgica preferida en caso de tener disponibilidad.

Sin duda alguna una de las intervenciones con mayor experiencia en cirugía robótica es la prostatectomía radical. Este nuevo paradigma ofrece mejores resultados clínicos reduciendo las pérdidas de sangre gracias al gran control de la anatomía pélvica lo que deriva en menores complicaciones perioperatorias y postoperatorias, lo que resulta en estancias hospitalarias más breves y recuperaciones más rápidas.

Sin embargo, los aspectos donde más destaca en la prostatectomía radical son los resultados obtenidos en la reducción de la incontinencia urinaria y disfunción eréctil,



donde la cirugía robótica muestra ser mejor técnica respecto a la laparoscopia. Estos beneficios nos hacen pensar que esta opción quirúrgica debiera ser considerada en aquellos pacientes jóvenes y funcionales donde la preservación de estas dos propiedades resulta claves para reducir al máximo la posible iatrogenia y devolverlos a su vida personal y laboral en las mejores condiciones posibles.

Esta ventaja de la robótica se repite con la cistectomía radical donde los resultados nos muestran beneficios contrastados respecto a la laparoscópica por lo que debería ser la opción preferente en los casos seleccionados para obtener mejores resultados a medio y largo plazo.

En contraposición con lo anterior, la cirugía robótica parece no tener beneficios significativos en el abordaje renal tanto en patología benigna como maligna respecto a la laparoscopia, suponiendo además un aumento significativo de los recursos económicos. Es por esto por lo que quedaría relegada a su uso en casos muy complejos o al trasplante renal por la capacidad de la robótica para reducir los tiempos de isquemia caliente lo que permitiría mejorar la preservación y función renal. A pesar de lo comentado se requieren más estudios de investigación para entender que resultados podría dar a largo plazo la implementación de la cirugía robótica en este área.

En áreas como la cirugía colorrectal y hepatobiliar, la cirugía robótica tiene un papel muy prometedor, sobre todo en pacientes que cumplen características específicas que hacen que la cirugía resulte un proceso muy complicado. En estos casos la cirugía robótica resulta una opción muy fiable en ciertas intervenciones de **Cirugía General**.

El área colorrectal es uno de los campos donde más experiencia se tiene y evidencia se ha documentado. Tiene especial relevancia en el tratamiento del cáncer colorrectal en estadios iniciales y en otras enfermedades como la enfermedad inflamatoria intestinal. Las ventajas técnicas que lo hacen superior frente a la laparoscopia como la visión tridimensional y mayor precisión, permiten mejorar las tasas de pérdidas sanguíneas y las tasas de conversión a cirugía abierta.

Sin embargo, encontramos un factor que sigue generando controversia, el mayor tiempo quirúrgico documentado respecto a su técnica competidora. Se prevé que los tiempos se reduzcan conforme el aprendizaje con robot comience a ser algo estandarizado entre los cirujanos.

Los resultados oncológicos obtenidos no son superiores a los observados en técnicas laparoscópicas en cuanto a cáncer colorrectal se refiere, a pesar de ello, deberíamos optar por esta técnica en caso de estar disponible para la intervención de hombres obesos donde se desee la preservación nerviosa pélvica, situaciones en las que se ha observado beneficio a favor de la robótica a pesar de su elevado coste.

En la cirugía bariátrica, el beneficio relacionado con la pérdida de peso parece no tener relación con el modelo quirúrgico utilizado ya sea laparoscopia o robótica, sino que se relaciona más con la técnica quirúrgica de reducción de peso. Los mayores costes y la prolongación de los tiempos continúan siendo un problema, ya que al no haberse extraído resultados clínicos que resulten favorables a favor de la cirugía robótica, las técnicas laparoscópicas siguen siendo las más practicadas.

Para el tratamiento de la patología hepatobiliar, el uso de la cirugía robótica queda muy limitada especialmente en el tratamiento de la patología biliar. Resulta un área donde la laparoscopia supone una técnica con gran precisión y eficiencia sin tener consigo los gastos tan elevados de la robótica por lo que la robótica queda relegada.

No obstante, los autores defienden que en el futuro la cirugía robótica resultará de gran interés para la intervención de lesiones malignas de hígado y páncreas como hepatocarcinoma y colangiocarcinoma ya que, gracias a su gran precisión, permitiría ser más exactos en la preservación de vasos sanguíneos además de realizar escisiones tumorales y linfáticas más precisas en un campo quirúrgico tan complejo.

El siguiente apartado analizado es el uso de la cirugía robótica en **Ginecología y Obstetricia**. En comparación con la cirugía laparoscópica que sigue siendo la técnica reina, la robótica no consigue demostrar mejoras de resultados clínicos, sólo se describen ventajas en casos específicos y pacientes complejos.

En la histerectomía, la cirugía robótica queda relegada a un papel secundario al no ser capaz de mejorar los resultados clínicos, manteniendo unos costes superiores respecto a la laparoscopia lo que representa un impedimento importante en esta técnica. Por esto su uso queda limitado a casos de pacientes con obesidad importante o úteros de gran tamaño. El método ideal para la rentabilidad de esta serían casos donde se prevea difícil acceso y manejo de la anatomía de los pacientes.

El gran control de la robótica sobre los vasos sanguíneos permite reducir el sangrado durante la intervención en las intervenciones de miomectomía. Este beneficio demostrado por los estudios resulta interesante en la resección de fibromas uterinos y quistes endometriósicos donde un correcto manejo de los vasos y tejidos resulta muy importante. El avance en configuraciones más sencillas y preparaciones estandarizadas es posible que consigan reducir los tiempos quirúrgicos, sumado a la adquisición de mayor experiencia quirúrgica lo que podría derivar en la ampliación del uso de la cirugía robótica que, al igual que en la histerectomía se enfrenta con los altos costes que dificultan la rentabilidad.

A pesar de ello, la cirugía resultaría una alternativa de elección en casos complejos de endometriosis como lesiones infiltrantes profundas gracias a su precisión y capacidad para acceder a zonas profundas sin alterar el tejido circundante a las lesiones. Estos casos podrían justificar su uso en beneficios quirúrgicos para poder compensar las desventajas

económicas. Resulta también necesario analizar el impacto y los beneficios a largo plazo sobre todo en tasas de embarazo, alivio del dolor o ganancia de calidad de vida por reducción de complicaciones postoperatorias para conocer el gran valor que posee la cirugía robótica.

El análisis de costes y beneficios de la cirugía destaca el gran potencial que esta nueva tecnología tiene para mejorar resultados y aumentar la eficiencia, siempre que se implemente de manera óptima. Esto incluye una formación continuada, especializada y estandarizada de los cirujanos, que incorpore simulaciones avanzadas y supervisión profesional. Este paso resulta esencial ya que gran parte de la problemática de la implementación pasa por el aumento del tiempo quirúrgico, así como de los gastos que derivan de esto.

Uno de los aspectos observados dentro de los resultados es que gran parte de los gastos provienen de la compra del modelo quirúrgico, costes que posiblemente en un futuro gracias la competitividad y el desarrollo de nuevos modelos se vea reducida. Por otra parte, otro de los aspectos derivados de los gastos del robot son los provenientes de su mantenimiento que también como ya sugieren los estudios, se verán reducidos.

A pesar de que en la comparación de costes respecto a la laparoscopia y la cirugía robótica esta última salga mal parada, se debe de considerar e incluir dentro de estos los gastos derivados de los resultados postoperatorios de los pacientes, como puede ser una recuperación hospitalaria y extrahospitalaria más rápida con una incorporación a sus puestos de trabajo más temprana así como los resultados a largo plazo derivados de la cirugía como una mejor resección de zonas complicadas o el resultado más óptimo de casos complejos.

La rentabilidad de la cirugía robótica no debe evaluarse solamente por el gran coste inicial del equipo. La experiencia del cirujano, el tiempo quirúrgico y la optimización del uso del robot son clave para conseguir maximizar el rendimiento y los resultados del sistema. A pesar de ello es difícil de justificar su uso en aquellas intervenciones donde no se demuestran beneficios claros comentadas anteriormente.

Económicamente, los resultados expuestos evidencian la necesidad de abaratamiento de los costes de implementación y mantenimiento del robot si se desea una adopción generalizada de esta tecnología y el acceso a ella de toda la población. El acceso de esta tecnología a toda la población resulta un objetivo esencial para promover la equidad, objetivo que pasa necesariamente por la búsqueda y optimización de la eficiencia quirúrgica.

A pesar de los altos costes que se observan en la actualidad y la difícil accesibilidad derivada de ello, los nuevos modelos quirúrgicos en desarrollo como Toumai, Versius o Hugo, que imitan a los de alta gama permitirán en un futuro más próximo una



accesibilidad a mayor escala gracias al abaratamiento de los costes, permitiendo que cada vez más sean los pacientes que se puedan beneficiar.

El desarrollo de la propia tecnología ya existente que evoluciona hacia un abordaje más sofisticado y menos agresivo además de más libertad y comodidad hacia el cirujano, suponen un beneficio para los pacientes y para el personal.

Las ventajas con las que cuenta la cirugía robótica derivan de su continua renovación y desarrollo que prevén que en un futuro tras la resolución de los problemas que ahora enfrenta, acabe siendo la técnica de elección para la cirugía mínimamente invasiva. La mejora de los modelos existentes que vemos en la actualidad como por ejemplo la incorporación de sensibilidad háptica o la incorporación de IA para el análisis de datos hacen pensar que será capaz de superar las cada vez menores ventajas técnicas de la cirugía laparoscópica.

La cirugía robótica tiene un gran potencial transformador, pero aún debe superar barreras para convertirse en la técnica más utilizada. La clave de su éxito debe basarse en las ventajas tecnológicas y la capacidad de facilitar el trabajo sobre los pacientes complejos.

## 6. CONCLUSIONES

1. La cirugía robótica representa un nuevo paradigma que permite al cirujano mejorar las condiciones en las que trabaja optimizando la ergonomía, perfeccionando un sistema de visión tridimensional que permite visualizar mejor las y admitiendo realizar operaciones más complejas gracias a los grados de libertad que aportan los brazos robóticos.
2. El abordaje robótico ha demostrado ser superior en términos de resultados inmediatos y a largo plazo respecto a la cirugía abierta, sin embargo, no está claro que sea capaz de superar de la misma manera a la cirugía laparoscópica. Podemos determinar que mantiene un coste más elevado por intervención y un mayor tiempo quirúrgico respecto a esta última técnica.
3. El principal beneficio diferencial que mejoran a sus técnicas predecesoras es la capacidad de acceder a regiones anatómicas complejas con una mejor precisión lo que permite el abordaje preciso de estructuras anatómicas clave.
4. El uso de la robótica está justificado en intervenciones donde se obtienen beneficios diferenciales como la mejor preservación de la función sexual y continencia urinaria o reducción de los tiempos de isquemia por el mejor control y acceso vascular.
5. Supone una opción excelente en casos complejos como pacientes obesos, con comorbilidades y con la necesidad de acceso a zonas complicadas pélvicas y/o abdominales, destacando las intervenciones tumorales donde implementan un mejor abordaje anatómico, nervioso, vascular y ganglionar.



6. El abordaje robótico más preciso podría relacionarse con menores complicaciones intra y postquirúrgicas, así como menores estancias hospitalarias respecto a la laparoscopia, aunque estos resultados conviene analizarlos e individualizarlos según la intervención.
7. La cirugía robótica representa una herramienta quirúrgica prometedora, pero su adopción generalizada requiere un análisis económico riguroso y estrategias para optimizar su implementación, que permitan justificar su evaluación como una inversión estratégica en el ámbito de la salud.
8. El futuro abaratamiento de los costes gracias al desarrollo de nuevos modelos y reducción de los precios actuales supone un paso esencial para la adopción y acceso global a esta tecnología.
9. La integración de nuevas tecnologías como IA promete optimizar la planificación quirúrgica, análisis en tiempo real de los datos intraoperatorios y toma decisiones más precisas y personalizadas.
10. Este nuevo paradigma promete revolucionar no solo el acto quirúrgico, sino la medicina en su conjunto, marcando un hito en la historia de la atención sanitaria.



***“Perspectivas, desafíos e innovación de la cirugía robótica”***

José Luis Vicente Cano. Director de gestión área económica y presupuestaria del Complejo Asistencial de Soria

25 de abril 2025

1	¿Conoce lo que es la Cirugía Robótica? ¿Conoce cuál es el modelo quirúrgico Robótico DaVinci?
La tecnología que se implantará será el DaVinci X. Este modelo está compuesto por una consola del cirujano modelo SS4000, carro del paciente modelo PS4200 y carro de visión VS4000. Para su uso se dispone de instrumentos da Vinci Xi EndoWrist, accesorios X/Xi y endoscopio, con tecnología de imagen FireFly.	
2	¿Conoce alguna de las indicaciones y especialidades actuales en distintas especialidades médicas?
Actualmente las especialidades destinatarias de la Cirugía Robótica son Urología, Cirugía General, Ginecología y Otorrinolaringología. Así es como se posibilita la realización de cirugía mínimamente invasiva en procedimientos de cirugía compleja ofreciendo una asistencia de mayor calidad. En el programa de carácter multidisciplinar, la utilización se realizará generalmente en este tipo de intervenciones: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Urología: Prostatectomía, nefrectomía parcial y radical, cistectomía radical, adenectomía y pieloplastia.</li> <li>• Ginecología: Histerectomía por cáncer de endometrio o cáncer de cérvix, linfadenectomía pélvica, histerectomía benigna, miomectomía y endometriosis.</li> <li>• Cirugía general: Hemicolectomía derecha e izquierda, sigmoidectomía y resección anterior baja, pancreatectomía, resección hepática, esofagectomía, gastrectomía, funduplicatura Nissen, reparación de hernia ventral y hernia inguinal.</li> </ul>	
3	¿Qué ventajas cree que puede aportar la Cirugía Robótica en términos de resultados clínicos, satisfacción del paciente o eficiencia quirúrgica?
La cirugía robótica constituye un exponente de desarrollo quirúrgico avanzado que presenta dos aspectos a valorar muy positivamente. En primer lugar, la equidad y la accesibilidad permiten una mejora de la cartera de servicios a un gran grupo de población. En segundo lugar, estos sistemas robóticos al realizar intervenciones mucho menos invasivas son capaces de limitar las complicaciones sobre todo en áreas como la Urología o la Cirugía General. Así es como consiguen minimizar el periodo postoperatorio y la capacidad de retomar a los pacientes su actividad habitual en un menor periodo de tiempo.	
4	¿Qué desafíos o inconvenientes percibe en la adopción de esta tecnología?



El principal desafío se observa desde el punto de vista de la costo-eficiencia. En el momento actual y tras la realización de varios informes en la materia se ha comprobado que la implementación de la Cirugía Robótica no resulta rentable en términos de coste-beneficio. Es por esto que de cara al futuro es necesario un abaratamiento de los costes.

Sin embargo, se debe tener en cuenta el desafío tecnológico. La implementación de Cirugía Robótica supone avanzar al siguiente nivel de evolución en el paradigma de la cirugía. Es necesario una amplia consolidación de los conocimientos y experiencia en cirugía laparoscópica para poder implementar la cirugía robótica. No es verdaderamente un desafío sino dar el siguiente paso que todo apunta que será la futura hegemonía de la Cirugía Robótica. Ahora mismo también supone un reto la curva de aprendizaje que resulta más corta en especialidades como son Urología y Cirugía General que soportan un mayor volumen. Estos supuestos sin embargo se contraponen en Otorrino y Ginecología cuya curva es más larga debido en gran parte al menor volumen de intervenciones.

5 ¿Qué opina sobre el coste de adquisición e implementación de la cirugía robótica, crees que supone una barrera?

La adquisición e implementación de esta tecnología supone un coste elevado, tanto por la propia inversión de la adquisición como de los consumibles.

La integración de esta tecnología se justifica con el gran salto de nivel, calidad y mejora que aporta al hospital que lo sitúan a la vanguardia de la tecnología robótica pudiendo ofrecer prestaciones de primer nivel.

6 ¿Crees que a largo plazo podría traducir beneficios económicos la adopción de esta tecnología?

Es muy pronto para poder valorar los resultados a largo plazo ya que serán necesarios análisis a largo plazo de costes y beneficios.

Sin embargo, el acceso a la Cirugía Robótica permite prestar a un gran grupo de población el acceso a la última vanguardia en tecnología, garantizando así la equidad en salud desde una época muy temprana.

7 ¿Considera necesario algún tipo de cambio logístico o de infraestructura especial para implementar esta tecnología? ¿Sería necesario algún recurso adicional para implementar un programa de cirugía robótica?

No, desde luego no son necesarios ningún tipo de obra para la incorporación del robot. No hay ningún condicionante físico más allá de las dimensiones de los quirófanos del propio hospital ya existentes. Este aspecto favorece a que no haya que realizar ninguna adaptación, obra y/o reforma para el propio robot.

8 ¿Cree que el uso de cirugía robótica puede influir en la competitividad del hospital o en su capacidad para atraer profesionales?



Los hospitales se miden por la cartera de servicios. Es un aliciente para atraer a nuevos profesionales saber que los hospitales tienen de esta tecnología. Los propios profesionales acuden a centros donde sean capaces de formarse en nueva tecnología, que además ofrece un mayor sentimiento de pertenencia a la institución. Creemos que es totalmente necesario conservar e incorporar nueva tecnología para mantener la cartera de servicios y ampliarla.

9 ¿Qué factores considera clave para la adquisición de esta tecnología?

La formación supone un factor clave para la introducción de las nuevas tecnologías. A pesar de lo que uno puede creer, la curva de aprendizaje en Cirugía Robótica aunque compleja, tiene una fácil integración.

En nuestro caso al ser una nueva tecnología hemos tenido que diseñar un programa de formación integral. Dentro de este participan el servicio quirúrgico, el servicio de anestesia, esterilización, electromedicina y personal de enfermería. La formación aquí se realizará de forma intensiva y participarán un gran número de profesionales.

En primer lugar, se seleccionan los cirujanos quirúrgicos que deben seguir un plan de formación especializada. Primero se deben realizar prácticas con un simulador en el hospital las veces que se precise, simulador que viene incluido dentro del Robot Quirúrgico. Tras esto se dirigen a centros de referencia externos distribuidos por Europa para poder llevar a cabo prácticas especializadas para la obtención del título que les acredita con la posibilidad de intervenir con un Robot quirúrgico. Esta formación especializada se ejerce sobre cadáveres y/o animales

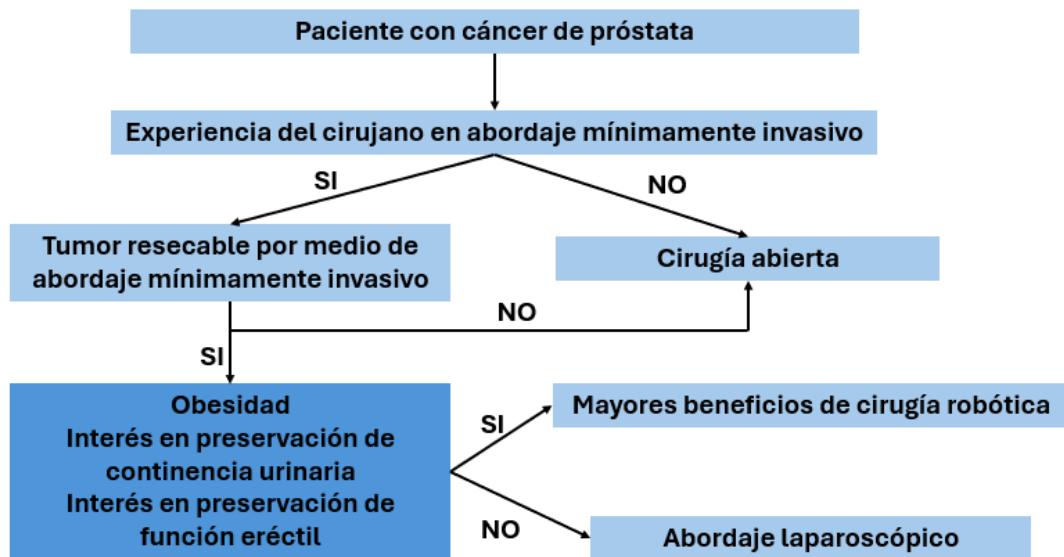
Una vez acreditados, se ponen en marcha las intervenciones en el hospital llevadas a cabo por estos cirujanos quirúrgicos, a la vez que otros dos cirujanos ayudantes se forman durante la intervención como operadores y ayudantes de campo.

10 ¿Hay algo más que le gustaría añadir sobre su perspectiva respecto a la cirugía robótica o su posible implementación?

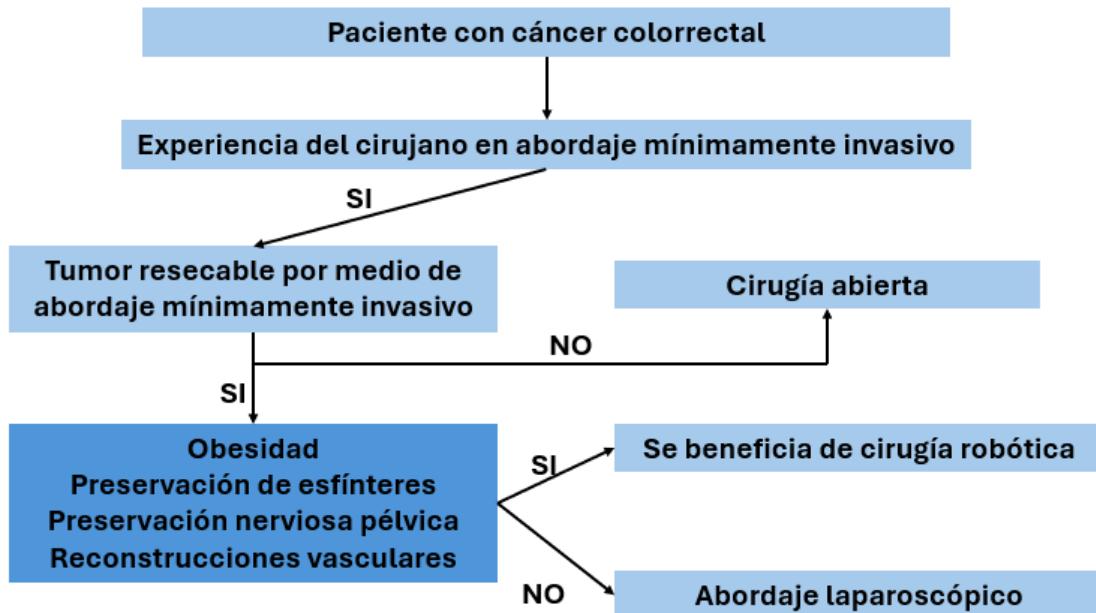
Resulta impensable para poder avanzar dentro de la medicina no adoptar estas nuevas tecnologías.

Uno de los aspectos a destacar es que esta tecnología que ahora se incorpora a pesar de ser destinada a todos los profesionales es el personal de mediana edad quien más está apostando por ella a través de una formación más intensiva. Este aspecto cabe destacarlo ya que denota que destinada a todo el personal del hospital para poder brindar la mejor atención posible a la población.

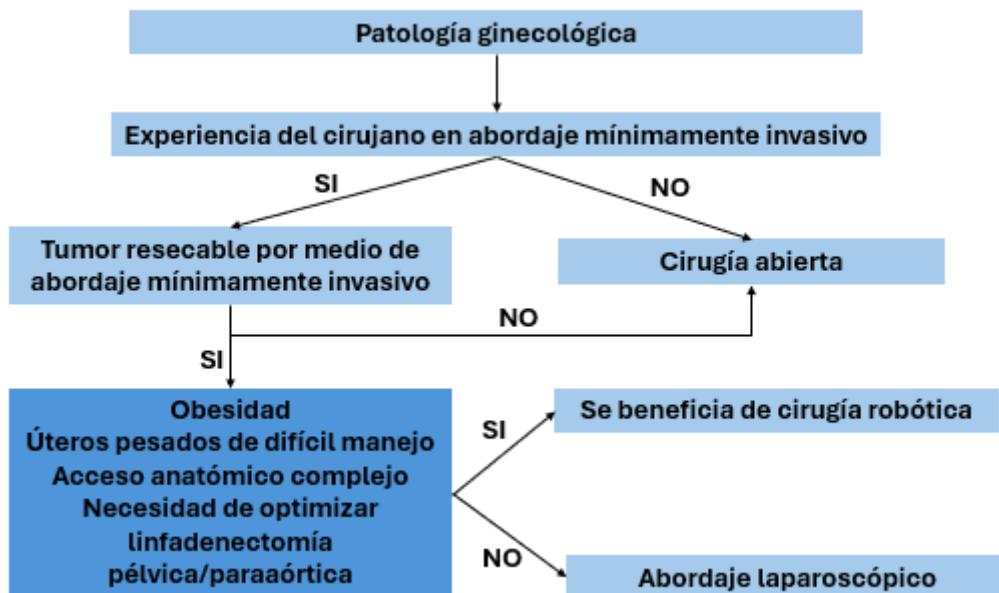
#### Anexo 1



**Anexo 2**



**Anexo 3**



**Anexo 4**

## 7. BIBLIOGRAFÍA

1. Toledano Trincado M, Bellido-Luque J, Alvarez Gallego M. Robotic surgery as a driver of surgical digitalization. *Cir Esp.* 2024 Jul 1;102:S16–22.
2. Brassetti A, Ragusa A, Tedesco F, Prata F, Cacciatore L, Iannuzzi A, et al. Robotic Surgery in Urology: History from PROBOT® to HUGOTM. *Sensors (Basel)* [Internet]. 2023 Aug 1 [cited 2025 Mar 9];23(16). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37631641/>
3. Johansson CYM, Chan FKH. Robotic-assisted versus conventional laparoscopic hysterectomy for endometrial cancer. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol X.* 2020 Oct 1;8:100116.
4. Choucha A, Travaglini F, De Simone M, Evin M, Farah K, Fuentes S. The Da Vinci Robot, a promising yet underused minimally invasive tool for spine surgery: A scoping review of its current role and limits. *Neurochirurgie.* 2025 May 1;71(3):101624.
5. Del Calvo H, Kim MP, Chihara R, Chan EY. A systematic review of general surgery robotic training curriculums. *Heliyon.* 2023 Sep 1;9(9):e19260.
6. Alías Jiménez D, Martínez labalde, GarcíA VilaAr O, González Rubi, GarcíA Nevado, Peláez Torres P, et al. Archivos de Cirugía Implementation of a Robotic Program in the General Surgery Service of a Tertiary Hospital. 2024;
7. Carlos J, Uribe G, Luis S, Marzo PSLP. Revisión sistemática de literatura científica: La cirugía robótica. 2025 Mar 20 [cited 2025 Apr 6]; Available from: <https://repositorioinstitucional.uaslp.mx/xmlui/handle/i/9346>
8. Andras I, Piramide F, Bravi CA, Di Maida F, Turri F, Lambert E, et al. Systematic Review and Clinical Outcomes of new Robotic Systems in Urology ARTICLE INFO. 2025 [cited 2025 Apr 6];51(4):20250007. Available from: <https://orcid.org/0000-0002-8586-3491>
9. Moretti TBC, Magna LA, Reis LO. Surgical Results and Complications for Open, Laparoscopic, and Robot-assisted Radical Prostatectomy: A Reverse Systematic Review. *Eur Urol Open Sci* [Internet]. 2022 Oct 1 [cited 2025 Feb 6];44:150–61. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36110904/>
10. Ma J, Xu W, Chen R, Zhu Y, Wang Y, Cao W, et al. Robotic-assisted versus laparoscopic radical prostatectomy for prostate cancer: the first separate systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials and non-randomised studies. *Int J Surg* [Internet]. 2023 May 1 [cited 2025 Apr 6];109(5):1350–9. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37070788/>
11. Haga N, Miyazaki T, Tsubouchi K, Okabe Y, Shibayama K, Emoto D, et al. Comprehensive approach for preserving cavernous nerves and erectile function after radical prostatectomy in the era of robotic surgery. *International Journal of Urology.* 2021 Apr 1;28(4):360–8.

12. Ruiz Guerrero E, Claro AVO, Ledo Cepero MJ, Soto Delgado M, Álvarez-Ossorio Fernández JL. Robotic versus Laparoscopic Partial Nephrectomy in the New Era: Systematic Review. *Cancers (Basel)*. 2023 Mar 1;15(6).
13. Calpin GG, Ryan FR, McHugh FT, McGuire BB. Comparing the outcomes of open, laparoscopic and robot-assisted partial nephrectomy: a network meta-analysis. *BJU Int* [Internet]. 2023 Oct 1 [cited 2025 Feb 5];132(4):353–64. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/bju.16093>
14. Zhang S, Lin T, Liu G, Zhang S, Guo H. Comparisons of the safety and effectiveness of robot-assisted versus laparoscopic partial nephrectomy for large angiomyolipomas: a propensity score-matched analysis. *Int Urol Nephrol* [Internet]. 2020 Sep 1 [cited 2025 Feb 6];52(9):1675–82. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32219641/>
15. Hatayama T, Tasaka R, Mochizuki H, Mita K. Comparison of surgical outcomes and split renal function between laparoscopic and robot-assisted partial nephrectomy: a propensity score-matched analysis. *Int Urol Nephrol* [Internet]. 2022 Apr 1 [cited 2025 Feb 6];54(4):805–11. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35178639/>
16. Gu L, Ma X, Wang B, Xie Y, Li X, Gao Y, et al. Laparoscopic vs robot-assisted partial nephrectomy for renal tumours of >4 cm: a propensity score-based analysis. *BJU Int* [Internet]. 2018 Sep 1 [cited 2025 Feb 6];122(3):449–55. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29750392/>
17. Li -W ;, Wu YR;;, Chuang CM;;, Li KT;;, Liu WC;;, Chang CY;;, et al. Citation: Fan, L Clinical Medicine Inpatient Outcomes of Patients Undergoing Robot-Assisted versus Laparoscopic Radical Cystectomy for Bladder Cancer: A National Inpatient Sample Database Study. 2024 [cited 2025 Feb 7]; Available from: <https://doi.org/10.3390/jcm13030772>
18. Kowalewski KF, Wieland VLS, Kriegmair MC, Uysal D, Sicker T, Stolzenburg JU, et al. Robotic-assisted Versus Laparoscopic Versus Open Radical Cystectomy—A Systematic Review and Network Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. *Eur Urol Focus* [Internet]. 2023 May 1 [cited 2025 May 1];9(3):480–90. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2405456922002851>
19. Marchegiani F, Siragusa L, Zadoroznyj A, Laterza V, Mangana O, Schena CA, et al. medicina Systematic Review New Robotic Platforms in General Surgery: What's the Current Clinical Scenario? 2023 [cited 2025 Apr 1]; Available from: <https://doi.org/10.3390/medicina59071264>
20. Huang Z, Huang S, Huang Y, Luo R, Liang W. Comparison of robotic-assisted versus conventional laparoscopic surgery in colorectal cancer resection: a systemic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Front Oncol* [Internet]. 2023 [cited 2025 Feb 11];13. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37965455/>
21. Meza A, Sánchez D, ... DPS and, 2022 undefined. Avances en la cirugía robótica, una revisión sistemática enfocada en Cirugía General. *medicaljournal.com.co* [Internet].

- [cited 2025 Apr 4]; Available from: <https://www.medicaljournal.com.co/index.php/mj/article/download/98/206>
22. Zhang Z, Miao L, Ren Z, Li Y. Robotic bariatric surgery for the obesity: a systematic review and meta-analysis. *Surg Endosc* [Internet]. 2021 Jun 1 [cited 2025 Feb 12];35(6):2440–56. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33881624/>
23. Han C, Shan X, Yao L, Yan P, Li M, Hu L, et al. Robotic-assisted versus laparoscopic cholecystectomy for benign gallbladder diseases: a systematic review and meta-analysis. *Surg Endosc* [Internet]. 2018 Nov 1 [cited 2025 Feb 12];32(11):4377–92. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29956028/>
24. Minamimura K, Aoki Y, Kaneya Y, Matsumoto S, Arai H, Kakinuma D, et al. Current Status of Robotic Hepatobiliary and Pancreatic Surgery. *J Nippon Med Sch* [Internet]. 2024 [cited 2025 May 1];91(1). Available from: [https://doi.org/10.1272/jnms.JNMS.2024\\_91-109](https://doi.org/10.1272/jnms.JNMS.2024_91-109)
25. Jerbaka M, Laganà AS, Petousis S, Mjaess G, Ayed A, Ghezzi F, et al. Outcomes of robotic and laparoscopic surgery for benign gynaecological disease: a systematic review. *J Obstet Gynaecol* [Internet]. 2022 [cited 2025 Apr 6];42(6):1635–41. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35695416/>
26. Bahadur A, Zaman R, Mundhra R, Mani K. Robotic-assisted Versus Conventional Laparoscopic Hysterectomy for Benign Gynecological Conditions: A Systematic Review and Meta-analysis. 2024;
27. Alshowaikh K, Karpinska-Leydier K, Amirthalingam J, Paidi G, Iroshani Jayarathna AI, Salibindla DBAMR, et al. Surgical and Patient Outcomes of Robotic Versus Conventional Laparoscopic Hysterectomy: A Systematic Review. *Cureus* [Internet]. 2021 Aug 2 [cited 2025 Apr 6];13(8). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34367836/>
28. Capozzi VA, Scarpelli E, Armano G, Monfardini L, Celardo A, Munno GM, et al. Update of Robotic Surgery in Benign Gynecological Pathology: Systematic Review. *Medicina (Kaunas)* [Internet]. 2022 Apr 1 [cited 2025 Apr 6];58(4). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35454390/>
29. Tsakos E, Xydias EM, Ziogas AC, Sorrentino F, Nappi L, Vlachos N, et al. Multi-Port Robotic-Assisted Laparoscopic Myomectomy: A Systematic Review and Meta-Analysis of Comparative Clinical and Fertility Outcomes. *J Clin Med* [Internet]. 2023 Jun 1 [cited 2025 Apr 6];12(12). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37373827/>
30. Song Z, Li S, Luo M, Li H, Zhong H, Wei S. Assessing the role of robotic surgery versus laparoscopic surgery in patients with a diagnosis of endometriosis: A meta-analysis. *Medicine (United States)* [Internet]. 2023 Dec 15 [cited 2025 Feb 18];102(50):E33104. Available from: [https://journals.lww.com/md-journal/fulltext/2023/12150/assessing\\_the\\_role\\_of\\_robotic\\_surgery\\_versus.140.aspx](https://journals.lww.com/md-journal/fulltext/2023/12150/assessing_the_role_of_robotic_surgery_versus.140.aspx)
31. Gallotta V, Certelli C, Oliva R, Rosati A, Federico A, Loverro M, et al. Robotic surgery in ovarian cancer. *Best Pract Res Clin Obstet Gynaecol* [Internet]. 2023 Aug 1 [cited 2025



- May 2];90:102391. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1521693423000998>
32. Zhou Z, Ge J, Ye K, Zhang Y, Hu Q, Wang L, et al. Comparison of Robotic-Assisted vs. Conventional Laparoscopy for Para-aortic Lymphadenectomy in Gynecological Malignancies: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Front Surg* [Internet]. 2023 Jan 4 [cited 2025 May 2];9:843517. Available from: [www.frontiersin.org](http://www.frontiersin.org)
33. Sadri H, Fung-Kee-Fung M, Shayegan B, Garneau PY, Pezeshki P. A systematic review of full economic evaluations of robotic-assisted surgery in thoracic and abdominopelvic procedures. *J Robot Surg* [Internet]. 2023 Dec 1 [cited 2025 Apr 14];17(6):2671. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10678817/>
34. Michels CTJ, Wijburg CJ, Leijte E, Witjes JA, Rovers MM, Grutters JPC. A cost-effectiveness modeling study of robot-assisted (RARC) versus open radical cystectomy (ORC) for bladder cancer to inform future research. *Eur Urol Focus* [Internet]. 2019 Nov 1 [cited 2025 Apr 14];5(6):1058–65. Available from: <https://www.eufocus.europeanurology.com/action/showFullText?pii=S2405456918301044>
35. Bai F, Li M, Han J, Qin Y, Yao L, Yan W, et al. More work is needed on cost-utility analyses of robotic-assisted surgery. *J Evid Based Med*. 2022 Jun 1;15(2):77–96.
36. Hayden DM, Korous KM, Brooks E, Tuuhetaufa F, King-Mullins EM, Martin AM, et al. Factors contributing to the utilization of robotic colorectal surgery: a systematic review and meta-analysis. [cited 2025 Apr 14]; Available from: <https://doi.org/10.1007/>
37. McBride K, Steffens D, Stanislaus C, Solomon M, Anderson T, Thanigasalam R, et al. Detailed cost of robotic-assisted surgery in the Australian public health sector: from implementation to a multi-specialty caseload. *BMC Health Serv Res* [Internet]. 2021 Dec 1 [cited 2025 Apr 16];21(1):1–8. Available from: <https://bmchealthservres.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12913-021-06105-z>
38. Waters PS, Cheung FP, Peacock O, Heriot AG, Warrier SK, O'Riordain DS, et al. Successful patient-oriented surgical outcomes in robotic vs laparoscopic right hemicolectomy for cancer - a systematic review. *Colorectal Dis* [Internet]. 2020 May 1 [cited 2025 Apr 16];22(5):488–99. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31400185/>
39. Chatterjee S, Das S, Ganguly · Karabi, Mandal · Dibyendu. Advancements in robotic surgery: innovations, challenges and future prospects. *J Robot Surg* [Internet]. 123AD [cited 2025 Apr 17];18:28. Available from: <https://doi.org/10.1007/s11701-023-01801-w>